

PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES CHEN* DAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING* DALAM MEMPREDIKSI CURAH HUJAN DI KABUPATEN PAMEKASAN

COMPARISON OF CHEN'S FUZZY TIME SERIES METHOD AND THE EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD IN PREDICTING RAINFALL IN PAMEKASAN REGENCY

Moh. Badrit Tamam¹⁾, Kuzairi²⁾, Toni Yulianto³⁾, Faisol⁴⁾, Ira Yudistira⁵⁾, Rica Amalia⁶⁾

^{1), 2), 3), 4), 5), 6)} Prodi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Islam Madura, Indonesia
Email : mohbadrittamam@gmail.com¹⁾, kuzairi81@gmail.com²⁾, toniyulianto65@gmail.com³⁾,
faisol.munif@gmail.com⁴⁾, irayudistira91@gmail.com⁵⁾, ricaamalia5@gmail.com⁶⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi curah hujan di Kabupaten Pamekasan, Madura, Jawa Timur, dengan menggunakan dua metode prediksi, yaitu Fuzzy Time Series Chen dan Metode Exponential Smoothing (ES), khususnya Double Exponential Smoothing (DES). Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data curah hujan bulanan mulai dari Januari 2011 hingga Desember 2023, sehingga terdapat rangkaian data selama 13 tahun. Data ini diambil dari sumber terpercaya yang mencatat curah hujan di wilayah tersebut secara berkala. Dalam analisis ini, kedua metode tersebut diterapkan untuk menghasilkan prediksi yang akurat terhadap pola curah hujan di Kabupaten Pamekasan. Berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi performa, metode terbaik yang ditemukan untuk memprediksi curah hujan di wilayah ini adalah Double Exponential Smoothing Holt. Metode ini menggunakan dua parameter penting, yaitu alpha sebesar 0,4 dan beta sebesar 0,6. Setelah diaplikasikan, metode ini berhasil memberikan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1,479%, yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang sangat rendah dan dapat diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode Double Exponential Smoothing Holt adalah pendekatan yang efektif dan akurat dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Pamekasan berdasarkan data historis yang telah digunakan.

Kata kunci: Curah Hujan; Kab. Pamekasan; Prediksi; Fuzzy Time Series Chen Dan Metode Exponential Smoothing (ES)

Abstract

This research aims to predict rainfall in Pamekasan Regency, Madura, East Java, using two prediction methods: Fuzzy Time Series Chen and the Exponential Smoothing (ES) method, specifically Double Exponential Smoothing (DES). The data used in this study consists of monthly rainfall data from January 2011 to December 2023, covering a period of 13 years. The data was sourced from reliable records that regularly track rainfall in the region. In the analysis, both methods were applied to generate accurate predictions of rainfall patterns in Pamekasan Regency. Based on the calculations and performance evaluation, the best method for predicting rainfall in this region was found to be Double Exponential Smoothing Holt. This method uses two key parameters: alpha at 0.4 and beta at 0.6. After applying this method, a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 1.479 was obtained, indicating a very low and acceptable level of prediction error. Therefore, it can be concluded that the Double Exponential Smoothing Holt method is an effective and accurate approach for predicting rainfall in Pamekasan Regency based on the historical data used.

Keywords: Rainfall; Pamekasan Regency; Prediction; Chen's Fuzzy Time Series and Exponential Smoothing (ES) Method

1. PENDAHULUAN

Curah hujan/ jumlah air hujan per satuan digunakan untuk menghitung dan mengukur jumlah hujan yang sampai ke permukaan bumi. Perkiraan arus tersebut dapat membantu aktivitas sosial ekonomi di Indonesia, dan temuannya dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi yang bermanfaat [1]. Curah hujan merupakan rangkaian data (*time series*) karena merupakan hasil pengamatan dari waktu ke waktu. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk merperkirakan data deret waktu. Tidak ada metode prediksi terbaik untuk data deret waktu, karena

di setiap metode prediksi dalam mengambil pendekatan berbeda dalam membangun model. Prediksi antara satu metode dengan metode lainnya mempunyai nilai yang berbeda-beda. Metode terbaik dipilih berdasarkan keakuratan dan keandalan yang dirancang untuk metode tersebut [2].

Kabupaten Pamekasan berada di Pulau Madura Provinsi Jawa Timur dengan memiliki 4 batas wilayah tertentu, yaitu batas utara: laut jawa, batas selatan: selat madura, batas timur: kabupaten sumenep dan batas barat: kabupaten sampang dengan kondisi geografis yang berbeda. Dengan luas 792,30 km², Kabupaten Pamekasan terdiri dari dataran rendah di sebelah selatan dan dataran tinggi di sebelah tengah dan utara. Kecamatan Pegantenan berada di ketinggian 312 meter dpl, dan Kecamatan Galis berada di ketinggian 6 meter dpl. Secara astronomis Kabupaten Pamekasan terletak pada 6°51' – 7°31' Lintang Selatan dan 113°19' – 113°58' Bujur Timur. Kabupaten Pamekasan terbagi menjadi 13 kecamatan dengan wilayah paling luas adalah kecamatan Batumarmar, yaitu sekitar 97,05 km². Sedangkan kecamatan paling kecil adalah kecamatan pamekasan dengan luas 26,47 km² [3].

Metode *fuzzy time series* yang dikembangkan oleh Chen pada tahun 1996 untuk meramalkan Agar keputusan dapat diambil dengan lebih baik, perlu dilakukan sebuah peramalan. Dengan menggunakan akal imitasi, kita bisa menggunakan pemikiran baru yang melibatkan pemanfaatan deret waktu *fuzzy* untuk memprediksi masalah ketika data historis disesuaikan menjadi nilai yang umum. Ini menghasilkan prediksi yang lebih tepat curah hujan di Pamekasan dibahas dalam penelitian ini [1]. Metode *fuzzy time series* mengambil sampel dari data masa lalu dan menggunakannya untuk memprediksi data masa depan. Salah satu kelebihan metode ini adalah tidak memerlukan proses komputer dari sistem yang kompleks seperti algoritma genetika dan jaringan syaraf tiruan, sehingga mudah untuk mengembangkan metode ini. [2].

Studi sebelumnya juga dilakukan oleh Vita Virgianti, Shantika Martha, dan Nurfitri Imro'ah dengan nilai akurasi prediksinya adalah 44,57%, yang dihitung menggunakan Absolute Percentenge Error (MAPE) [4]. Selain itu, penelitian yang disebutkan di atas juga dilakukan oleh Yuda Novianto dan Yessica Nataliani [5] dengan menggunakan variable data curah hujan. Hasilnya menunjukkan bahwa pada tahun 2020, curah hujan maksimum sebesar 490,73 mm (April) dan curah hujan minimum sebesar 3,25 mm (Agustus). Pada tahun 2021, curah hujan maksimum sebesar 521,37 mm (April) dan curah hujan minimum sebesar 3,25 mm (Agustus).

Kebaruan dalam penelitian ini adalah menggunakan dua metode yaitu metode *fuzzy time series chen* dan metode *double exponential smoothing* dalam memprediksi curah hujan di Kab. Pamekasan. Dan penggabungan dua metode tersebut tidak pernah ada sebelumnya. Dalam hal ini, untuk menentukan metode terbaik yang akan digunakan untuk memprediksi curah hujan di Kab. Pamekasan berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* terkecil dengan dua parameter yaitu *alpha* (α) dan *beta* (β).

2. DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Sangat penting untuk memiliki referensi dari berbagai sumber saat melakukan penelitian. Hal ini berfungsi sebagai bahan acuan untuk metode yang relevan. Studi sebelumnya oleh Diera Desmonda, Tursina, dan M Azhar [6]. Dalam penelitiannya, data curah hujan digunakan. Hasil evaluasi *Mean Average Percentage Error (MAPE)* adalah 0,151%, dengan interval berjumlah 401. Studi sebelumnya juga dilakukan oleh Vita Virgianti, Shantika Martha, dan Nurfitri Imro'ah dengan nilai akurasi prediksinya adalah 44,57%, yang dihitung dengan menggunakan *Absolute Percentenge Error (MAPE)* [4].

Selain itu, penelitian yang disebutkan di atas juga dilakukan oleh Yuda Novianto dan Yessica Natalian [5] dengan menggunakan variable data curah hujan. Hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan tertinggi di tahun 2020 adalah 490,73 mm (April) dan curah hujan terendah adalah 3,25 mm (Agustus). Untuk tahun 2021, curah hujan tertinggi adalah 521,37 mm (April) dan curah hujan terendah adalah 3,25 mm (Agustus).

Penelitian ini akan menjelaskan *forecasting rainfall* menggunakan metode *Fuzzy Time Series Chen dan Double Exponensial Smoothing*. Penelitian ini menggunakan satu variabel yaitu data curah hujan dengan menerapkan *Mean Average Percentage Error (MAPE)* untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi curah hujan.

2.2 Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA)

Hukum pengelolaan sumber daya air tertuang dalam Undang-Undang Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 dan Undang-Undang Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2011. Undang-undang ini menyatakan bahwa pengelolaan sumber daya air mampu merencanakan, melaksanakan dan memantau, dan meninjau pelaksanaan perlindungan sumber daya air, pemanfaatan sumber daya air, dan pengendalian kualitas air. Selain itu, sumber daya air pada umumnya meliputi air, sumber daya air, dan tenaga air [7].

Cuaca merupakan bentuk dasar pemahaman sifat fisik atmosfer pada suatu tempat dan waktu, yang dapat diartikan sebagai perubahan atmosfer yang terjadi pada saat ini dan bervariasi dari waktu ke waktu [8]. Banyak faktor yang mempengaruhi perubahan iklim, termasuk suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan angin, jam sinar matahari, arah angin, awan dan curah hujan. Setiap elemen ruangan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Misalnya curah hujan merupakan faktor cuaca yang berhubungan dengan ketersediaan air. Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang dikumpulkan dan diukur dalam satu meter persegi (m^2) pada permukaan datar yang tidak menyemprot atau mengalir [9]. Milimeter (mm) adalah satuan yang digunakan untuk presipitasi. Oleh karena itu, 1 mm presipitasi adalah kumpulan tetesan air hujan pada area $1 m^2$ dengan kedalaman atau tinggi air 1 mm, dan curah hujan yang kurang dari 0,1 mm akan ditulis sebagai 0 [10].

2.3 Fuzzy Time Series

Fuzzy time series merupakan suatu teknik prediksi data dengan menerapkan prinsip *fuzzy* sebagai dasar dalam taksirannya [11]. Deret waktu *fuzzy* menggunakan himpunan *fuzzy* dengan beberapa batasan yaitu berdasarkan nilai nominal bukan nilai absolut dan dapat diterapkan pada data berdimensi rendah [12].

a. Fuzzy Time Series Chen

Chen pada tahun 1996 mengembangkan *fuzzy time series* dari fungsi sederhana serta fungsi matriks kompleks dengan bobot yang sama. [9].

Adapun tahapan-tahapan metode *fuzzy time series chen* dengan menggunakan formula chen sebagai berikut:

I. Konstruksi Himpunan Semesta (U)

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] \tag{1}$$

dengan

D_1 dan D_2 adalah nilai konstanta yang ditentukan.

D_{min} dan D_{max} adalah data minimum dan data maksimum dari data sebelumnya.

II. Membuat Interval

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menentukan interval berdasarkan rata-rata (*average based*) digunakan. Algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut:

Menghitung selisih nilai mutlak antara X_{t+1} dan $X_1 = (t = 1, \dots, n - 1)$ untuk menghasilkan interval rata-rata:

$$rata - rata = \frac{\sum_{i=1}^n [X_{t+1} - X_1]}{n-1} \tag{2}$$

III. Menghitung setengah rata-rata yang dihasilkan pada langkah pertama dan digunakan sebagai panjang interval menggunakan Persamaan:

$$l = \frac{\text{rata-rata}}{2} \tag{3}$$

IV. Menetapkan jumlah interval, atau bilangan fuzzy, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$p = \frac{(D_{max}+D_2;D_{min}-D_1)}{l} \tag{4}$$

V. Menetapkan himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah kumpulan objek yang memiliki kontinum atribut anggota. Misalkan U adalah himpunan universal, dengan $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ yang mana u_i adalah nilai yang mungkin dari U , kemudian variable linguistik A_1 terhadap U .

VI. Melakukan fuzzifikasi dan menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) serta *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG)

Menentukan FLR dan membuat kelompok-kelompok sesuai dengan waktu. FLR $A_i \rightarrow A_j$ berdasarkan nilai A_i yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana A_i adalah warsa n dan A_j adalah warsa $n + 1$ pada data time series.

Contoh: Apabila FLR terbentuk dari $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1$, maka terbentuklah FLRG yaitu $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$.

VII. Defuzzifikasi nilai prediksi

Dalam metode *fuzzy time series Chen*, ada banyak aturan yang harus diingat, seperti:

- a) Jika A_i adalah hasil fuzzifikasi bulan ke t dan himpunan *fuzzy* tanpa relasi logika *fuzzy*, seperti:
Jika $A_i \rightarrow \emptyset$, dan nilai keanggotaan fungsi tertinggi A_i berada di interval u_i dan nilai tengah u_i adalah m_i , maka hasil prediksi F_{t+1} adalah m_i .
- b) Jika hanya ada satu FLR dan FLRG dan hasil fuzzifikasi bulan ke t adalah A_i , misal:
Jika $A_i \rightarrow A_j$ dimana A_i dan A_j adalah himpunan *fuzzy* dan nilai keanggotaan fungsi tertinggi A_j berada di interval u_j dan nilai tengah u_j adalah m_j , maka hasil prediksinya F_{t+1} adalah m_j .
- c) Jika hasil fuzzifikasi pada bulan ke t adalah A_i dan A_j memiliki beberapa FLR dan FLRG, seperti:
Jika $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ dimana $A_i, A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ adalah himpunan *fuzzy* dan nilai keanggotaan fungsi tertinggi dari $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk}$ berada di interval $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jk}$ dan $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}$, maka hasil prediksinya F_{t+1} adalah :

$$F_{t+1} = \frac{m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jk}}{k} \tag{5}$$

Dimana k adalah banyaknya nilai tengah (*midpoint*) dan untuk mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan *fuzzy* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(\text{batasatas}+\text{batasbawah})}{2} \tag{6}$$

VIII. Menentukan nilai MAPE

Mean Absolute Percentenge Error (MAPE) digunakan untuk memperoleh keakuratan hasil prediksi dalam penelitian. Kemudian kita mendapatkan persamaan berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \tag{7}$$

2.4 Exponential Smoothing

Exponensial smoothing adalah suatu metode yang berfokus pada prediksi perkiraan peningkatan nilai prediksi terbaru.

a. Double Exponensial Smoothing Holt

Metode *double exponensial smoothing Holt* mirip dengan metode *Brown*, namun *Holt* tidak secara langsung menggunakan tersebut. Sebaliknya, *Holt* menentukan nilai saat ini dengan parameter yang berbeda dari dua parameter yang digunakan dalam rangkaian aslinya [13]. *Double Exponensial Smoothing* dari *Holt* dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$S_t = \alpha_e X_t + (1 - \alpha_e)(S_{t-1} + T_{t-1}), \quad 0 < \alpha_e < 1 \tag{8}$$

$$T_t = \beta_e X_t + (S_{t-1} + T_{t-1})(1 - \beta_e)T_{t-1}, \quad 0 < \beta_e < 1 \tag{9}$$

$$T_{t+m} = S_t m T_t \tag{10}$$

Dengan:

S_t = Nilai pemulusan level atau rata-rata

X_t = Data riil pada waktu ke-t

T_t = nilai pemulusan tren

α_e, β_e = konstanta dengan nilai antara 0 dan 1.

3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Data Penelitian

Tahap 1 : Studi Literatur

Tinjauan Kritis atau Studi Literatur tidak hanya membaca literatur saja, namun juga melihat kedalaman dan kekritisian penelitian-penelitian terdahulu untuk proyek penelitian di masa yang akan datang yang kemudian merangkum, mengamati, mensintesis isinya serta menyajikan dalam bentuk tulisan [14], seperti buku, jurnal, skripsi dan sebagainya. Sehingga adanya studi literatur dijadikan bahan acuan atau referensi terkait prediksi yang dibuat menggunakan teknik *Fuzzy Time Series Chen* dan *Double Exponential Smoothing Holt*.

Tahap 2 : Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan variabel yang disebut curah hujan dan data time-series untuk menganalisis data dalam memprediksi curah hujan sehingga peneliti dapat menggunakan metode *fuzzy time series chen* dan *Double Exponensial Smothing* pada penelitian kali ini. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air UPT Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) di Kabupaten Pamekasan di bawah Lembaga Pemerintah Provinsi Jawa Timur.

Tahap 3 : Penentuan Variabel

Data sekunder, atau data yang diperoleh dari dokumen atau informasi yang telah dipublikasikan, digunakan dalam penelitian ini [15]. Populasi yang diteliti hanya mencakup data curah hujan di Kabupaten Pamekasan (mm) yaitu, pos hujan galis, pos hujan kadur, pos hujan klampar, pos hujan larangan, pos hujan law. Daya, pos hujan pademawu, pos hujan palengaan, pos hujan panempan, pos hujan samiran, pos hujan pasean, pos hujan pegantenan, pos hujan proppo, pos hujan pakong, pos hujan tlanakan, pos hujan toronan dan pos hujan waru. Data yang diolah adalah dari bulan Januari 2011 sampai bulan Desember 2023 yang berjumlah 72 data. Sehingga metode yang akan digunakan oleh peneliti adalah *fuzzy time series chen* dan *Double Exponensial Smothing*.

Penentuan Konstanta α dan β dengan mengambil nilai dugaan 0 hingga Kemudian dapat dicoba segala probabilitas untuk mendapatkan nilai error yang minimum. Nilai error yang didapatkan semakin kecil maka tingkat prediksinya semakin akurat [3].

Parameter yang akan digunakan dalam menguji keakuratan metode Exponential Smoothing adalah *Mean Average Percentage Error* (MAPE). Adapun persamaannya sebagai berikut: [16].

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \tag{11}$$

Keterangan:

t : Periode

n : Jumlah data

F_t : forecasting pada periode ke-t

X_t : data aktual pada periode ke-t

S : simpangan baku dari sampel

Adapun Nilai Variasi *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Table 1. Keterangan MAPE

Nilai	Kemampuan Program
0% - 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Layak
> 50%	Tidak Layak

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa pendekatan *Double Exponential Smoothing* tetap dapat diterapkan asalkan nilai MAPE berada di bawah 50% dan metode ini tidak dapat diterapkan jika nilai MAPE melebihi 50%.

4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Data yang dikelola dalam penelitian ini adalah jumlah curah hujan dari bulan Januari 2011 sampai bulan Desember 2023 Kab. Pamekasan dalam membandingkan antara *Metode Fuzzy Time Series Chen* dan *Metode Exponential Smoothing* dalam memprediksi curah hujan di Kab. Pamekasan.

TAHUN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
2011	3640	1704	2724	3912	2514	580	0	0	0	67	3976	4525
2012	3.338	4.159	3.323	1.772	11.119	189	0	0	0	249	1.301	3.313
2013	2976	2639	3943	3904	4129,2	4500,7	1771	0	0	0	2189,7	4690,4
2014	3750	2491,4	2340,9	3117,3	999,7	340,8	233,5	0	0	0	1518,5	3749
2015	4991	5417	3251	3908	584	0	0	0	0	0	493	2640,2
2016	3832	5555	4401	3743	1992	2182	2324	469	1512	4444	3071	3547
2017	4485,9	5368,3	3548,5	2805,8	1341,9	1374,1	347,4	0	236	1066	4011	4546,5
2018	5651	5054	4576	1009	540	276	0	0	47	24	3031	3214
2019	5149,2	3361,1	3952,5	3403	567,5	50	38	0	0	43,8	400,5	2860,1
2020	4238,5	6029,5	4096,2	3314,1	1581,5	377	323	56	12	1818,2	2026,8	8681,5
2021	4714,8	3016,6	4171,2	1993,1	569,4	1611,5	78	44,5	1130,9	1007,3	5385,2	4654,3
2022	5075,3	5304	5278	2660	2961,5	2233,5	982,5	615,5	617,5	3523,5	5590,5	4162,5
2023	3030	3257,5	3408,7	2261,2	1403	103,5	417,5	58	0	1	1142,5	2580

Gambar 1. Data Curah Hujan Kab. Pamekasan Tahun 2011-2023

4.1. Perhitungan *Fuzzy Time Series Chen*

Berikut merupakan tahapan dalam perhitungan metode *Fuzzy Time Series Chen* menggunakan data curah hujan di Kabupaten Pamekasan pada bulan Januari 2011 - Desember 2023 menggunakan Matlab sebagai berikut :

- 1) Pembentukan Himpunan Semesta (U)

Hasil yang didapatkan dalam perhitungan menggunakan matlab, yaitu nilai terkecil = 0 mm dan nilai tertinggi = 8681,5 mm. Kemudian tentukan nilai konstanta D_1 dan D_2 yang ditetapkan oleh peneliti yaitu dengan nilai masing-masing 0.

Sehingga diperoleh himpunan semesta $U = [1000]$

- 2) Pembentukan Interval

Dalam menentukan panjang interval menggunakan persamaan sebagai berikut:

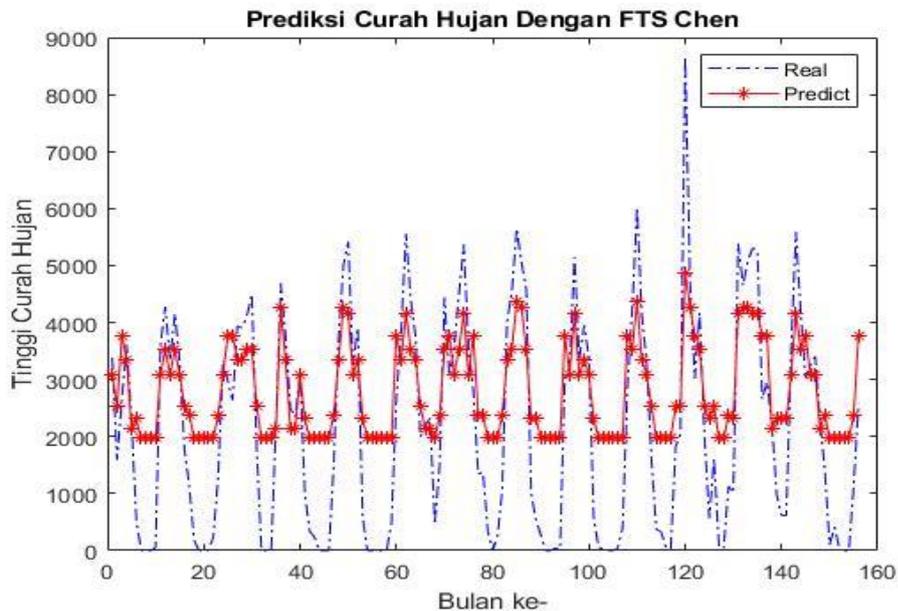
- a. Menghitung rata-rata nilai selisih mutlak, sehingga diperoleh rata-rata = 1.025,1
- b. Menentukan setengah rata-rata, lalu didapatkan $l = 512.5323$
- c. Menentukan jumlah rata-rata, sehingga di peroleh $P = 16.9384$

- 3) Mengidentifikasi Himpunan FLR

Himpunan fuzzy ditemukan dengan menggunakan jumlah interval yang telah ditentukan sebelumnya, yang berjumlah 17 kelas interval.

- 4) Fuzzifikasi
- 5) Penentuan Hubungan *Logika Fuzzy* (FLR)
- 6) Penentuan Grup Hubungan *Logika Fuzzy* (FLRG)
- 7) Nilai Peramalan

Sehingga diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Prediksi Curah Hujan dengan *Fuzzy Time Series Chen*

Berdasarkan gambar ini, data sebenarnya ditampilkan sebagai histogram berwarna biru. Sedangkan data prediksi ditampilkan dalam bentuk histogram berwarna merah untuk memperoleh nilai MAPE sebesar 48.4791%.

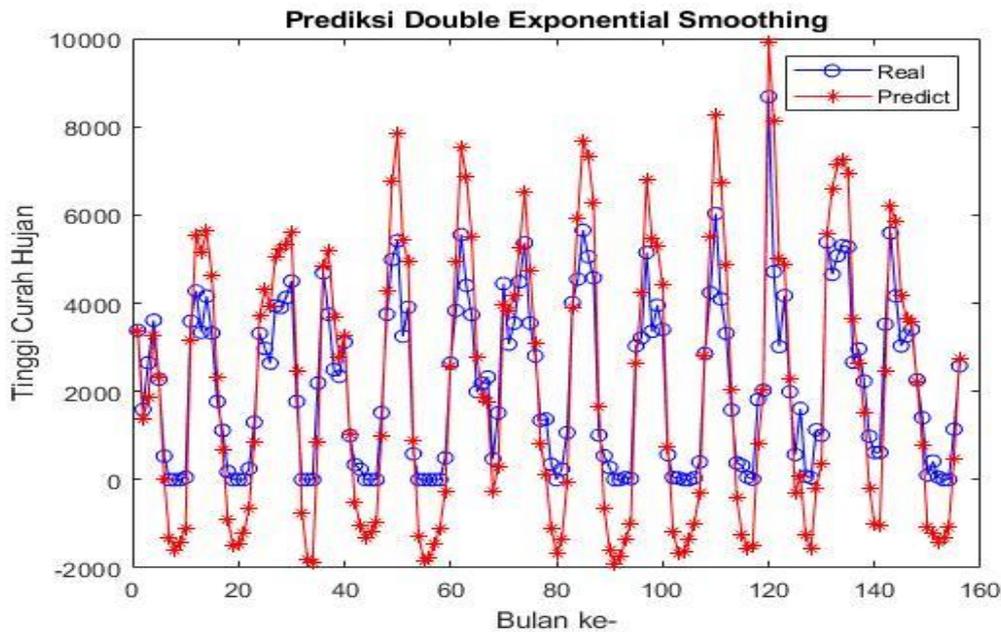
4.2. Penerapan *Double Exponential Smoothing*

Hasil error yang didapatkan dengan menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* dengan $\alpha = 0,4$ dan $\beta = 0,6$ ditunjukkan dalam tabel 2 berikut :

Table 2. Hasil Penerapan Double Exponential Smoothing

α	0,4
β	0,6
MAPE	1,479%

Berdasarkan tabel tersebut diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Prediksi Curah Hujan dengan Double Exponential Smoothing

Berdasarkan hasil perhitungan Metode *Exponential Smoothing* didapat nilai MAPE sebesar 1,479%. Akibatnya, dapat dikatakan bahwa metode Double Exponential Smoothing sangat cocok untuk memprediksikan curah hujan di Kabupaten Pamekasan dengan menggunakan $\alpha = 0,4$ dan $\beta = 0,6$ sehingga diperoleh MAPE sebesar 1,479%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prediksi curah hujan di Kab. Pamekasan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Chen* didapat nilai MAPE = 48,4791%, sedangkan metode *Double Exponential Smoothing* didapat nilai MAPE=1,479%, sehingga model terbaik untuk prediksi curah hujan di Kabupaten Pamekasan adalah Metode *Double Exponential Smoothing* dengan nilai MAPE=1,479%

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Fauziah, S. W. and Y. N. Nasution, "Statistika," *Peramalan Menggunakan Metode Time Series Chen(Studi Kasus:Curah Hujan Kota Samarinda)*, Vol. 4 no. 2 p. 1, 2016.

[2] F. Andika, N. and R. P. Sari, "Journal Of Mathematatics And Aplications," *Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus Curah Hujan Kota Langsa)*, vol. 1 no. 2 p. 3, 2022.

[3] "Kabupaten Pamekasan Dalam Rangka Pamekasan Regency in Figures," Ir. Anwar, Pamekasan, 2023.

[4] V. Virgianti, S. Martha and N. Imro'ah, "Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)," *Penerapan Fuzzy Time Series Chen Average Based*, vol. 10 no. 4 p. 1, 2021.

- [5] Y. Novianto and Y. Nataliani, "Peramalan Curah Hujan dengan Pengelompokan Bulan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dari," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 4 p. 1, 2022.
- [6] D. Desmonda, T. and A. M. Irwansyah, "Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 6, no. 4 p. 1, 2018.
- [7] I. Y. Prastya and A. D. N. Putri, "Pengelolaan Sumber Daya Air di Daerah Kepulauan (Studi di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau)," vol. 5, no. 1 p. 2, 2017.
- [8] N. Sunarmi, E. N. Kurmailia, N. Nurfaiza, A. K. Nikmah, H. N. Aisyah, I. Sriwahyuni and S. N. Laily, "Analisis Faktor Unsur Cuaca terhadap Perubahan Iklim Di Kabupaten Pasuruan," *Newton-Maxwell Journal of Physics*, vol. 3, no. 2, p. 57, 2022.
- [9] K. Safitri, . D. Kusnandar and . N. N. Debatara, "Peramalan Curah Hujan Dengan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain," *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2023.
- [10] Y. Trianandi, "Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Adaptive-Expectation Based Multi-Attribute Fuzzy Time Series," vol. 2 no. 12 p. 5, 2018.
- [11] D. . Ismiarti, . J. S. Nafisah, A. . Evawati and . I. Sujarwo, "Perbandingan Uji Akurasi Fuzzy Time Series Model Cheng dan Lee dalam Memprediksi Perkembangan Harga Cabai Rawit," *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, vol. 2, no. 1808-4926, pp. 154-160, 2023.
- [12] B. K. Khotimah and E. M. S. Rochman, "Model Peramalan Jumlah Penyakit Demam Berdarah Dengan Pendekatan Metode Fuzzy Linear Regression (FLR)," *NERO*, vol. 6, no. 1 pp. 50-51, 2021.
- [13] R. Ariyanto, D. Puspitasari and F. Ericawati, "Penerapan Metode Double Exponential Smoothing pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 4, no. 1, p. 58, 2017.
- [14] S. Aryana, "Studi Literatur: Analisis Penerapan dan Pengembangan Penilaian Autentik Kurikulum 2013 pada Jurnal Nasional dan Internasional," *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Pascasarjana Universitas Negeri Semarang*, vol. 4 no.1 p. 368, 2021.
- [15] W. Widiyani, Y. Setyawan and M. T. Jatipaningrum, "Jurnal Statistika Industri dan Komputasi," *Perbandingan Metode Fuzzy Time Series-Chen dan Weighted Fuzzy Integrated Time Series*, vol. 7 no. 1 p. 1, 2022.
- [16] D. U. Rosa, M. S. Alan, N. . H. Wulandari, R. and . S. Ramadhan, "Metode Exponential Smoothing dalam Memprediksi Jumlah penduduk Miskin di Nusa Tenggara Barat," *Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Matematika*, vol. 2, no. 1, pp. 42-53, 2019.
- [17] N. A. Aini, K. P. Intan and N. Ulinnuha, "Prediksi Rata-Rata Curah Hujan Bulanan di Pasuruan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing," *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 2 p. 1, 2021.
- [18] A. Zahrunnisa, R. D. Nafalana, I. A. Rosyada and E. Widodo, "Perbandingan Metode Exponential Smoothing dan ARIMA pada peramalan garis kemiskinan provinsi Jawa Tengah," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, vol. 2, no. 3, pp. 300-314, 2021.
- [19] L. I. Effendie, U. P. Wynawati and Q. Ainunnisa, "Perbandingan Analisis Peramalan Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing pada Indeks Harga Konsumen di Yogyakarta Tahun 2012-2022," *Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, vol. 3, no. 1, pp. 122-131, 2023.
- [20] R. N. Puspita, "Peramalan Tingkat Pengangguran Terbuka Provinsi Banten Dengan Metode Triple Exponential Smoothing," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, vol. 3, no. 2, pp. 358-366, 2022.

- [21] M. Olivia and . Amelia, “Metode Exponential Smoothing untuk forecasting jumlah penduduk miskin di kota Langsa,” *Jurnal Matematika dan terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 47-51, 2021.
- [22] A. S. R. Wulandari and A. Ilyas, “Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia: Tata Pengurusan Air,” *Jurnal Gema Keadilan*, vol. 6, no. 3, p. 296, 2019.